PICの周辺回路をCPLDで作るキット

PIC⟷CPLD

CPLD 入門！

※ＡＣアダプタ 6V1W は別売

サンプルソース 10 本付属　For Windows XP

■商品特徴■

□ この商品は PIC と CPLD を連携させて様々なアプリケーションを実現します。

□ PIC で面倒だったタイミング処理をすべて CPLD におまかせ！

□ PICソースリスト(C言語)やCPLDソースリスト（Verilog HDL）付属ですぐに始められます。

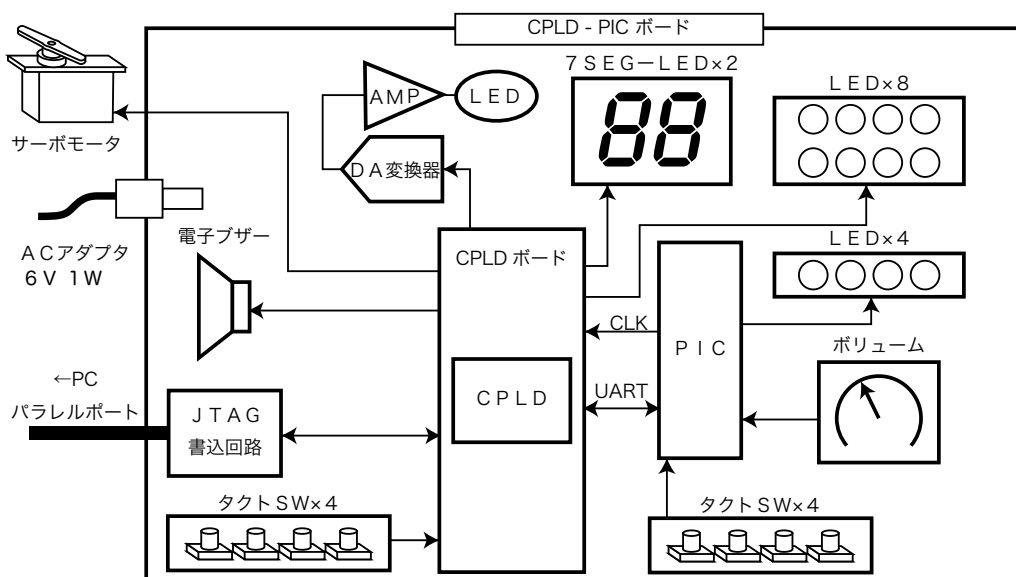
□ CPLD と PIC のデータ転送は RS232 通信。

□ CPLD 入門にも最適！（CPLD の開発ツールは無料です。）

■サンプルソフト一覧■

PIC の周辺回路を CPLD で作るキットには以下のサンプルソフトが含まれています。

1	CPLD を PIC の拡張 IO 入出力として使う
2	PIC SW の入力を CPLD にて論理演算し、LED 出力する（PIC の論理演算出力）
3	CPLD SW の入力を CPLD にて論理演算し、PIC LED で出力する（PIC の論理演算入力）
4	CPLD を PIC の外部 2 系統 PWM 出力として使う（LED の PWM 調光）
5	CPLD でマトリクス LED 点灯制御する（カーソル移動）
6	PIC ボリュームの値を CPLD で 7 セグ LED 数字表示する（2 桁ダイナミック点灯制御）
7	CPLD を疑似正弦波生成装置として使う（PIC から周波数をコントロールする）
8	CPLD でドレミファの音階を作り、ブザーで鳴らす
9	CPLD を音階出力器として使い、メロディーを鳴らす
10	CPLD でサーボ信号を出力し、サーボモータを制御する

■ブロック図■

■部品表■

■ CPLD DIP40 モジュール

半導体	CU1	XC9536XL VQ44	1	CPLD
コンデンサ	CC1,2,3,4	0.1 μ F	4	積層セラミックコンデンサ (104)
連結ソケット	P1,2	40P	1	オス - オス連結ソケット
基板		20mm×53mm	1	CPLD モジュール用

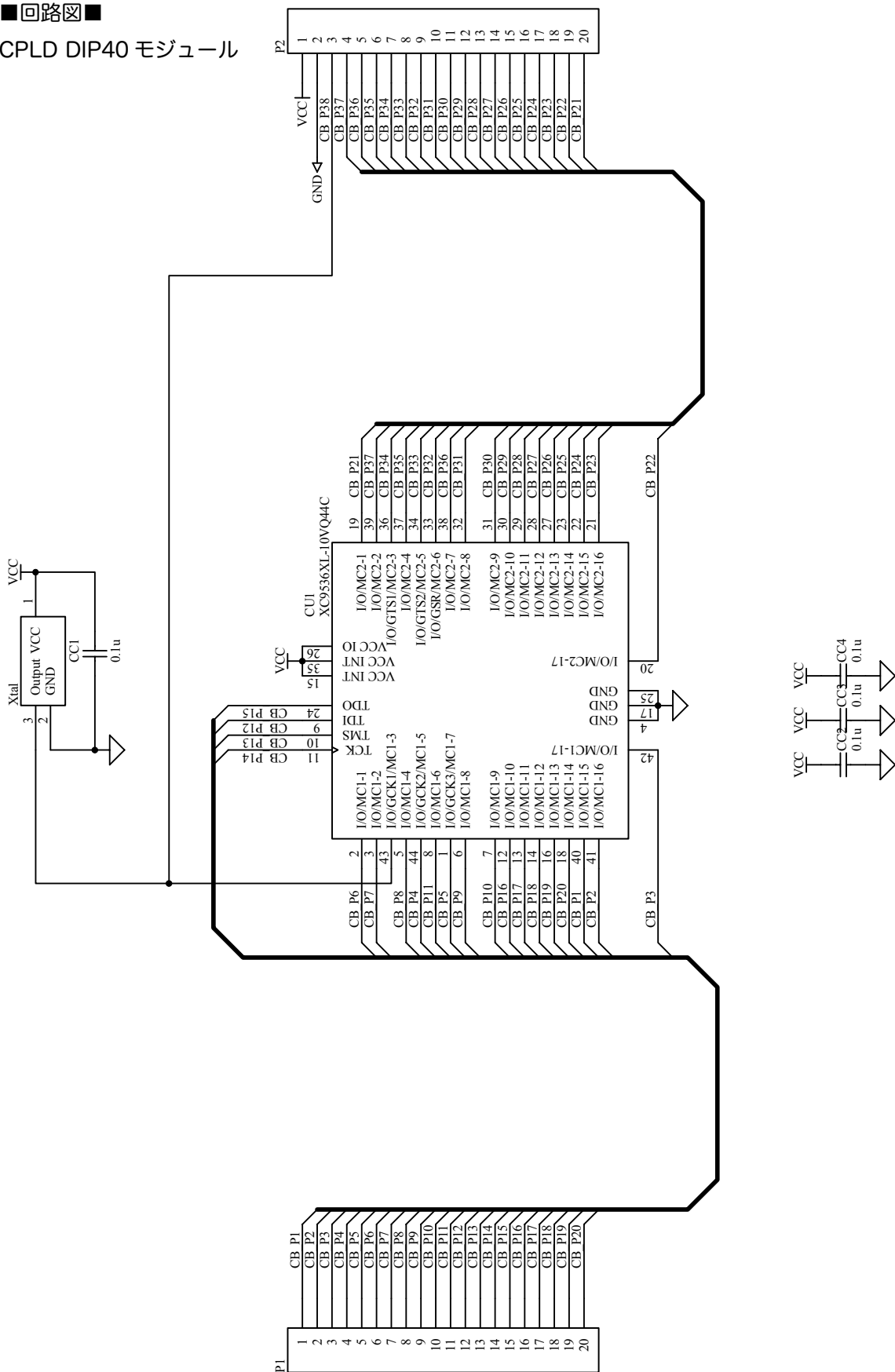
■ CPLD-PIC ボード本体

半導体	U1,2	74HC125	2	C-MOS ロジック IC
	U3	PIC16F873A	1	PIC マイコン
	U4	TA4805S	1	5V 低ドロップ電圧レギュレータ
	U5		1	CPLD DIP40 モジュール
	U6	TA48033S	1	3V 低ドロップ電圧レギュレータ
	TR1,2,3,4,5,6,7	2SA1015	7	小信号 PNP トランジスタ
	D1,2,3	1N4148	3	小信号ダイオード
抵抗	R7,32,34	10 Ω	3	1/6W 茶黒黒金 炭素皮膜抵抗
	R8	75 Ω	1	1/6W 紫緑黒金 炭素皮膜抵抗
	R4,6,19,20,21, 22,23,24,25	330 Ω	9	1/6W 橙橙茶金 炭素皮膜抵抗
	R2,9,10,26,27, 28,29,31,33	1 k Ω	9	1/6W 茶黒赤金 炭素皮膜抵抗
	R11,12,13,14	2 k Ω	4	1/6W 赤黒赤金 炭素皮膜抵抗
	R1,15,16,17,18	4.7 k Ω	5	1/6W 黄紫赤金 炭素皮膜抵抗
	R3,5,30	10 k Ω	3	1/6W 茶黒橙金 炭素皮膜抵抗
	RA1,2,3	100 Ω	3	4 素子独立集合抵抗 (8P)
	RA4,5	330 Ω	2	4 素子独立集合抵抗 (8P)
	VR1	10 k Ω	1	ボリューム
コンデンサ	C3,4,5,6	100pF	4	セラミックコンデンサ (101)
	C1,2,8,10,11	0.1 μ F	5	積層セラミックコンデンサ (104)
	C9,12	100 μ F	2	電解コンデンサ
	C7	470 μ F	1	電解コンデンサ
LED	CL0,1,2,3,4,5,6,7		8	緑色　φ 3mm
	PL0,1,2,3		4	黄色　φ 3mm
	POWER, RUN, DACOUT		3	赤色　φ 5mm
	DS1,2	7 セグ LED	2	アノードコモン
コネクタ	CN1	D サブ 25P　メス	1	基板取り付けタイプ
	CN2	DC ジャック	1	※別売 AC アダプタ 6V 用
	CN3	6P ピンヘッダ	1	PIC 書込コネクタ (PICkit2 対応)
	SERVO	3P ピンヘッダ	1	サーボモータ用ピンヘッダ
スイッチ	CS0,1,2,3	タクトスイッチ	4	青色
	PS0,1,2,3,RESET	タクトスイッチ	5	赤色
セラロック	X1	20MHz	1	セラミック発振子 (3 本足)
スピーカー	SP		1	圧電スピーカー (発振回路なし)
IC ソケット	U1,2,3,5	14P×2,28P,40P	4	U1,U2,U3,U5 用
ジャンパ	JP1,CN4		7	抵抗のリードを使用
基板		150mm×120mm	1	CPLD-PIC ボード本体用

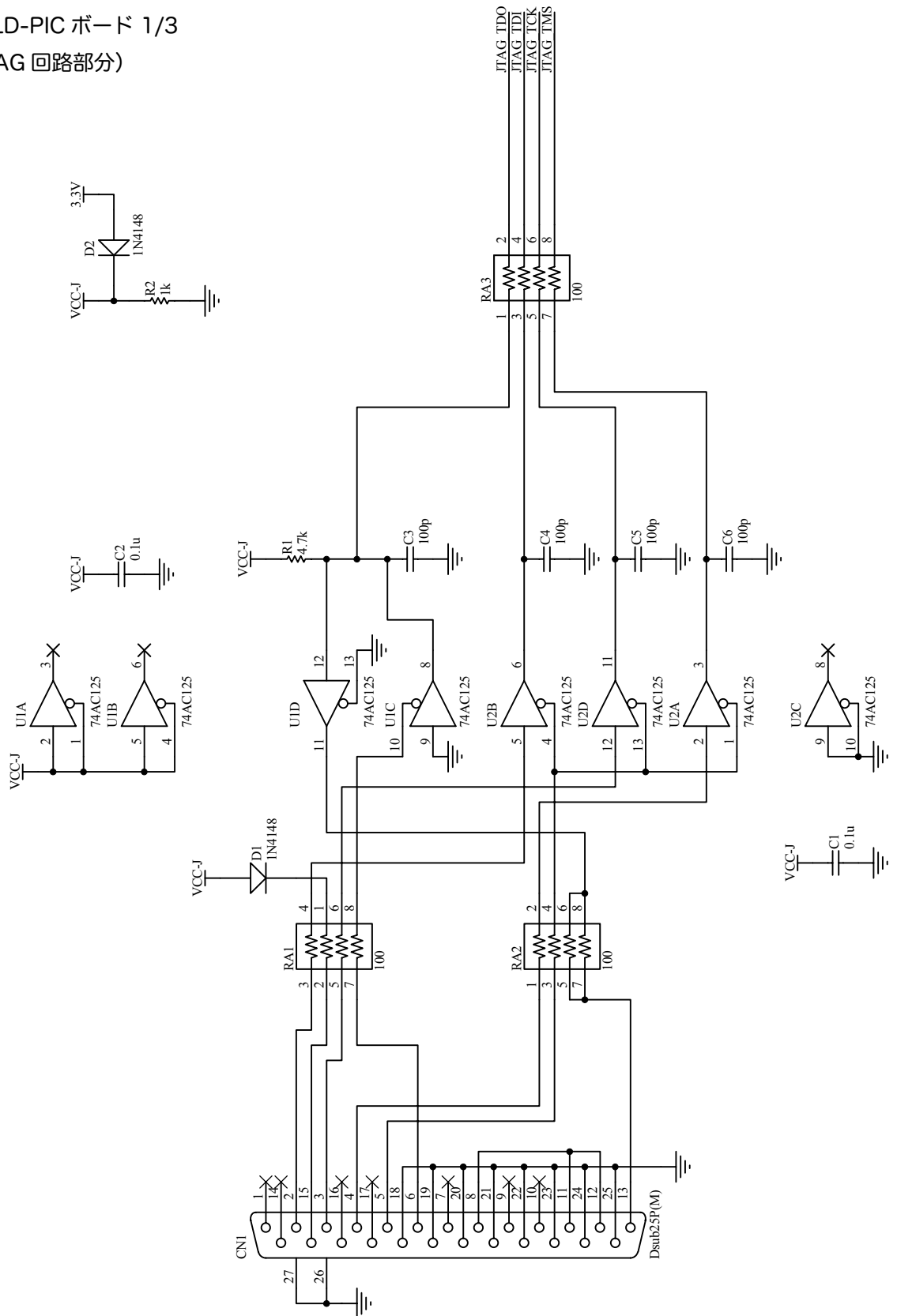
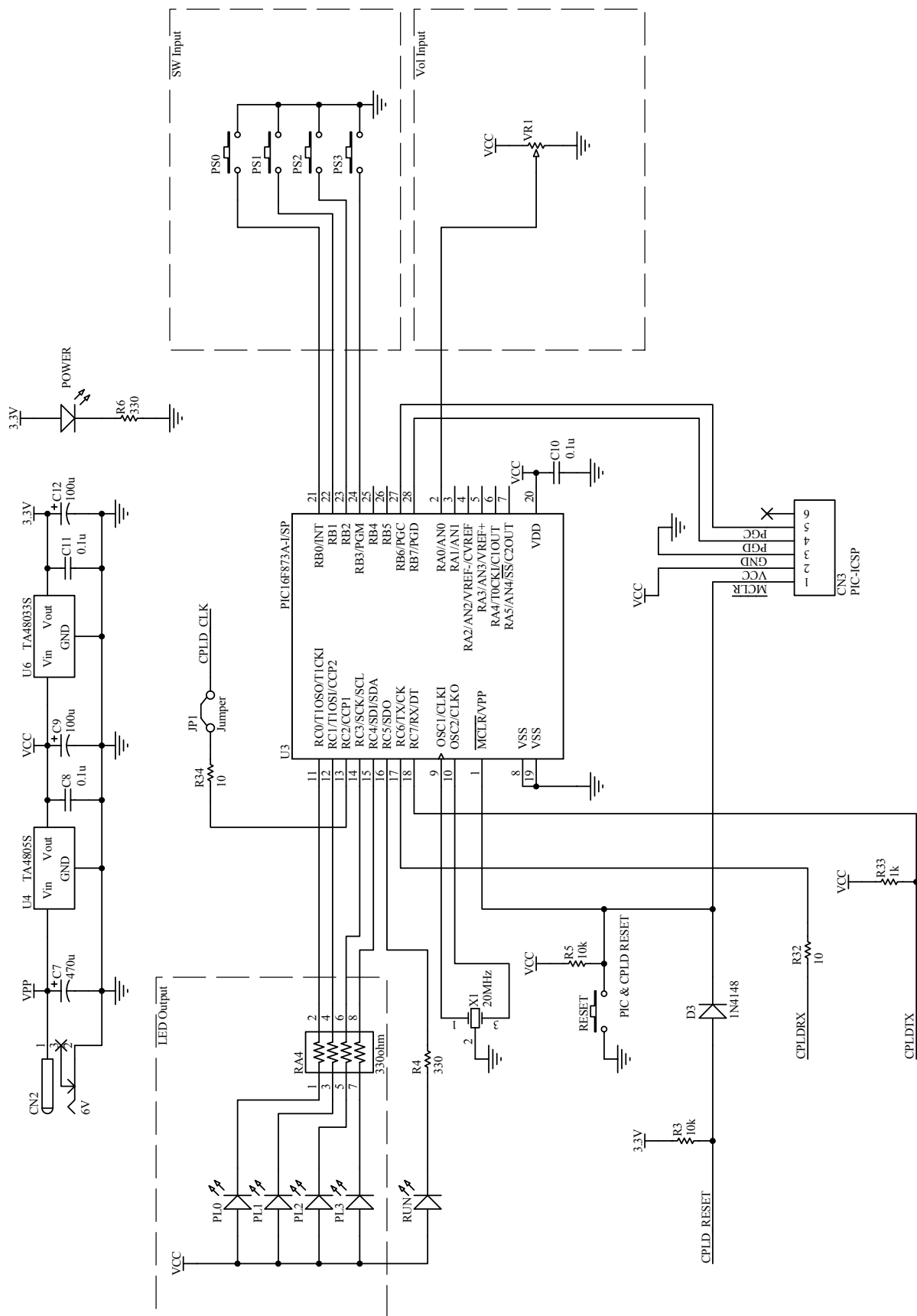
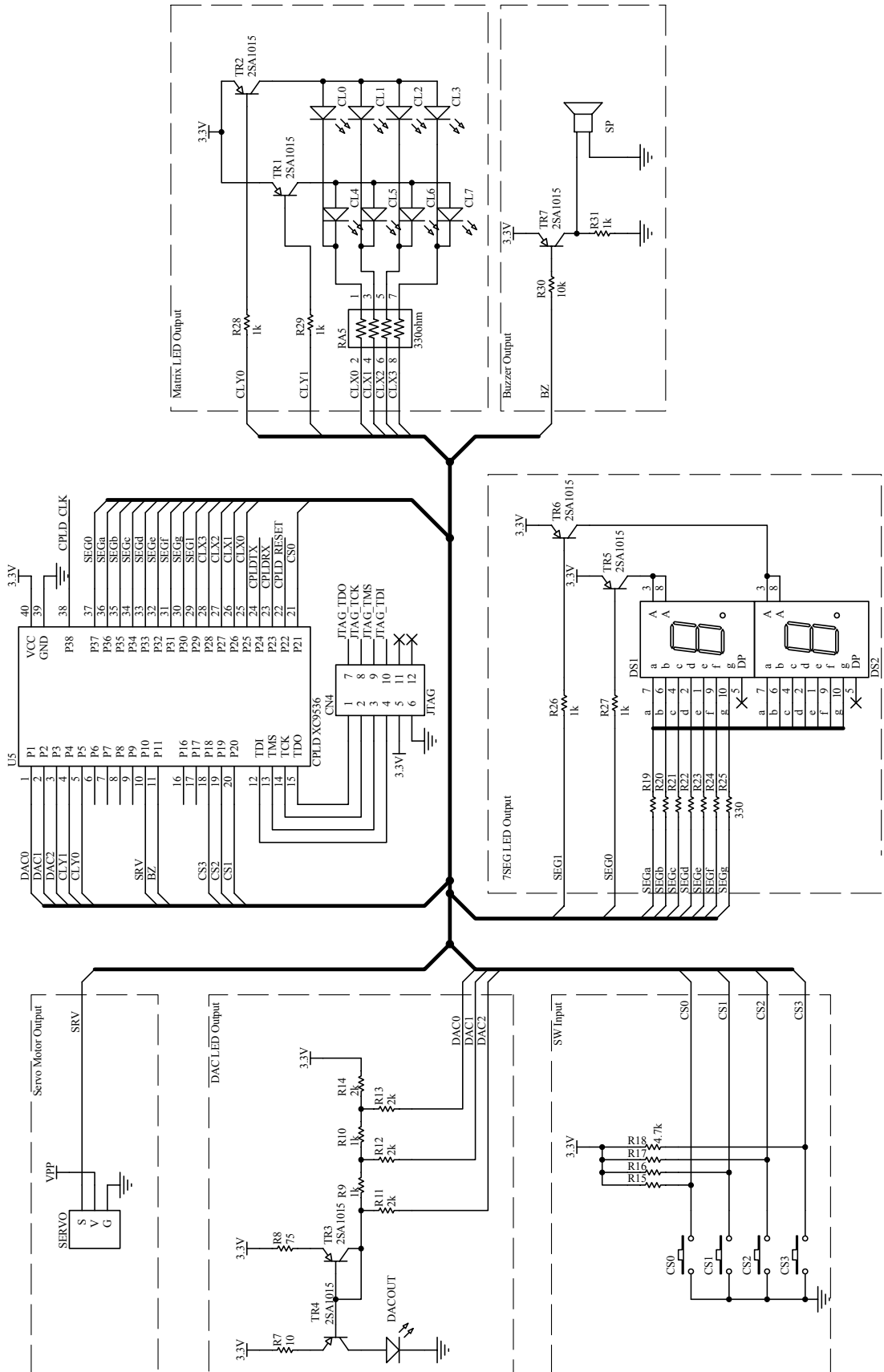
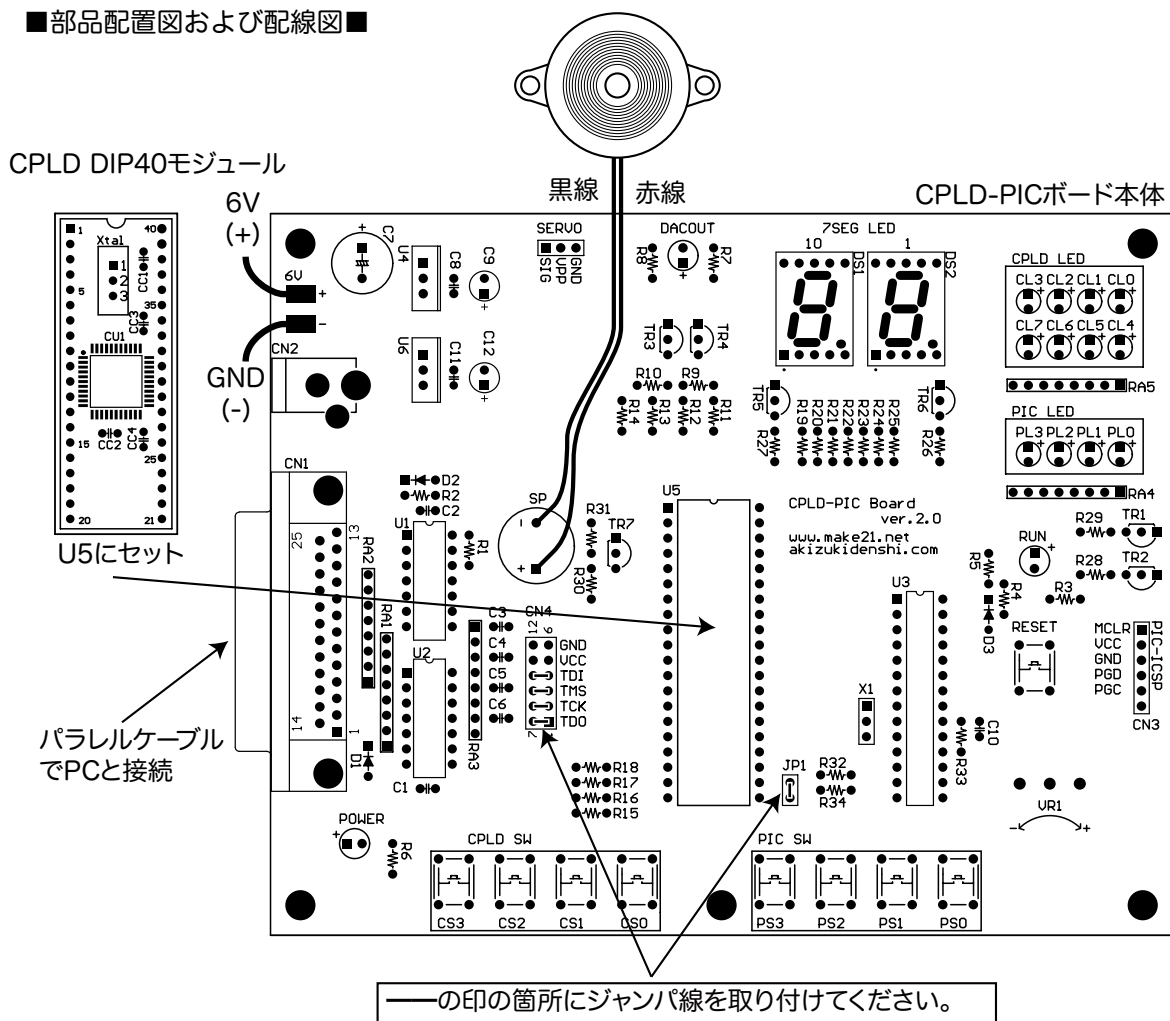
★以下の部品はこのキットに付属しません。別途購入願います。

○パラレルケーブル　　D サブ 25P オス - オス ストレートケーブル
○サーボモータ　　GWS サーボ　NRH/BB/F
○ AC アダプタ　　DC 6V 1W

■回路図■

CPLD DIP40 モジュール

■回路図■

CPLD-PIC ボード 1/3

（JTAG 回路部分）

■回路図■ CPLD-PIC ボード 2/3（PIC 周辺回路部分）

■回路図■ CPLD-PIC ボード 3/3（CPLD 周辺回路部分）

■部品配置図および配線図■

■回路の製作■

必要な工具：はんだごて、ニッパー、ラジオペンチ

この取扱説明書の 2 ページの部品表の部品番号 (R1,C1 などの番号）と基板に印刷された部品番号をよくお確かめの上、ハンダ付けしてください。

■ CPLD DIP40 モジュール

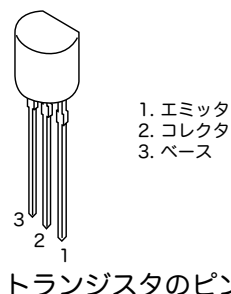
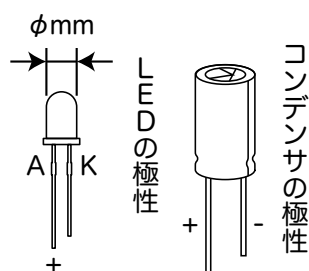
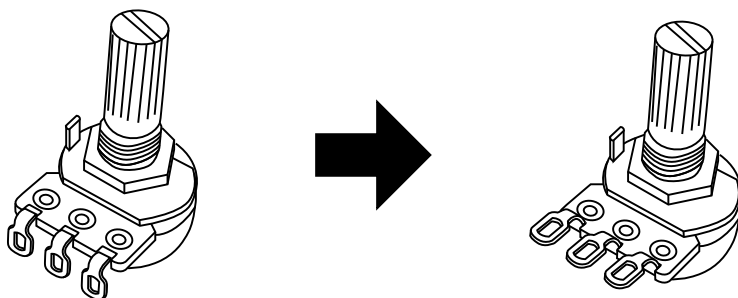
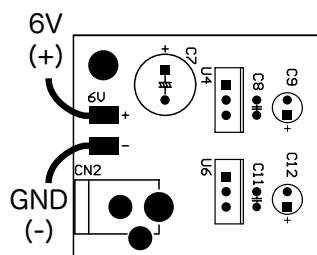
1. CPLD が実装済みの基板にコンデンサ 4 個取り付けます。Xtal の部分は何も取り付けずに未実装のままにしてください。
2. 40P のオス - オス連結ソケットを取り付けます。

■ CPLD-PIC ボード本体

1. 抵抗 (VR1 以外)、集合抵抗、セラミックコンデンサ、ダイオードなどの高さの低い部品から取り付けます。※ダイオードは極性がありますので注意してください。

ーつづくー

2. 抵抗やコンデンサの足を使い、CN4 の TDI、TMS、TCK、TDO と JP1 の 5 カ所にジャンパ線を取り付けます。ジャンパ線の取り付け箇所は 7 ページに示してあります。
3. セラロックを取り付けた後に、向きに注意して各 IC ソケットを取り付けます。
4. PNP トランジスタを取り付けます。トランジスタには向きがあります。基板上の記号と向きを確認して取り付けてください。

トランジスタのピン

5. LED(DS1,DS2 以外) を取り付けます。
POWER と RUN にはφ 5mm（φは直径の意味）の赤色 LED を、DACOUT にはφ 5mm の白色 LED を、CPLD LED にはφ 3mm の緑色 LED を、PIC LED にはφ 3mm の黄色 LED を取り付けます。LED には極性があります。基板上の + の記号の方に LED の足の長い方をさして取り付けてください。

6. 電解コンデンサ C7、C9、C12 を取り付けます。電解コンデンサには極性がありますので気をつけてください。
7. 電圧レギュレータ U4、U6 と 7 セグ LED DS1、DS2 を基板上の記号と向きを確認して取り付けます。
8. CPLD SW に青色のタクトスイッチを、PIC SW と RESET に赤色のタクトスイッチを取り付けます。
9. CN1 と CN2 にそれぞれのコネクタを取り付け、CN3 と SERVO にはピンヘッダを取り付けます。

10. ボリュームはラジオペンチで上図のように足を上向きに曲げて基板にハンダ付けしやすくします。VR1 にボリュームをナット締めしてからボリュームの足をハンダ付けします。
11. 圧電スピーカーの配線の赤色を SP の + に黒色を - に接続します。
12. DC6V 1W の AC アダプタ（別売）をお持ちの場合は、CN2 に接続しします。
AC アダプタはセンタープラス（コネクタの中心が +、外側が 一、記号：⊖-◐-⊕）のものをご使用ください。
AC アダプタがない場合は、6V の電源を左図のように基板に直接、配線をハンダ付けしてください。

■動作確認■

1. ハンダ付けや電源配線、ジャンパ線をよく確認してください。
2. ＩＣを挿入していない状態で電源を入れてください。異常がないようなら次のステップに進みます。
3. 一度電源を切り、ＩＣを挿入してください。向きを間違えないように挿入してください。
4. 再び電源を入れ、POWER と PL0 の LED が点灯していることを確認してください。※このとき、U4、U6(電圧レギュレータ) と CU1(CPLD) は多少熱くなりますので、ヤケドをしないようにご注意ください。
5. それぞれの部品の動作確認は 10 本のソフトを動作させるときに確認することができます。

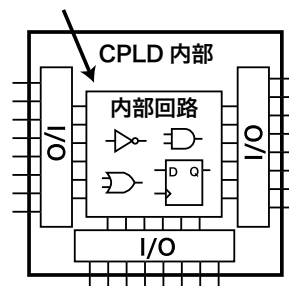
■ CPLD 特有の回路説明■

■ CPLD とは？

CPLD とは、PLD というユーザの手で IC 内部の論理回路を変更することができる集積回路の一種です。論理回路はゲートやフリップフロップといったロジック IC で作りますが、規模が大きくなると大量の IC が必要になり、現実的に基板に実装できなくなります。規模の大きな論理回路を 1 つの IC で作ることができるのが、PLD(CPLD も含む）です。

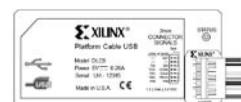
このキットの CPLD(Xilinx XC9536XL) では、800 個のゲートと 36 個のフリップフロップを使って自由な論理回路を作ることができます。

通常、論理回路を設計するときは、状態遷移図、真理値表から 1 つ 1 つゲートやフリップフロップなどを組み合わせて設計しますが、CPLD では、ハードウェア記述言語という C 言語などのプログラム言語に近いもので容易に設計することができます。このキットでは、中でも VerilogHDL という C 言語の記述に近いものを使用していますので、面倒な論理設計も不要で、C 言語でプログラムを書くような感覚で簡単に論理回路を作ることができます。

この中に設計した論理回路が組み込まれます

I/O は外部の信号を入出力するための回路です

このキットでは、10 本のサンプルソース以外にも、お客様ご自身で CPLD のハードウェア記述をすることができます。このキットのマニュアル中では、VerilogHDL の記述方法に関して説明しておりませんので、記述方法は書籍をご参考ください。

■ CPLD の書込回路 (JTAG)

CPLD の書き込みには JTAG を使用します。Xilinx の PLD はほとんどがこの JTAG で書き込むことができます。このキットでは、ロジック IC×2 個などで JTAG の書込回路を構築しています。この回路はパラレルポート専用ですが、Xilinx Platform Cable USB などの Xilinx 対応の USB-JTAG ケーブルを使用することもできます。

Xlinx Platform Cable USB のイメージ

■開発ツールのセットアップ■

セットアップ説明ページ

○ CPLD 書き込みソフト（開発ツール）

1. 付属の CD を Windows のインストールされた PC に挿入します。
2. CD の中のスタートアップの画面が自動的に立ち上がります。（立ち上がらない場合は、CD の中から「START.html」を開きます。）
3. 画面中程の「開発ツールのセットアップ」をクリックし、そのページの説明に従って開発ツールをダウンロードし、セットアップしてください。

○基板にケーブルを接続

1. 「パラレルケーブル　D サブ 25P オス - オス ストレートケーブル」で PC のパラレルポートと CPLD-PIC ボード本体の CN1 を接続してください。

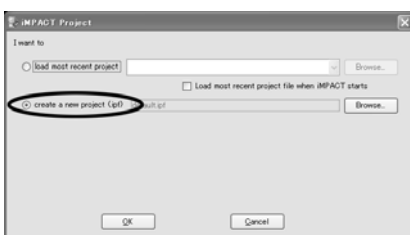
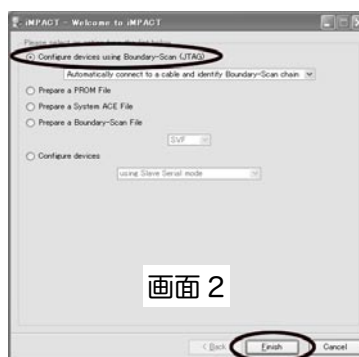
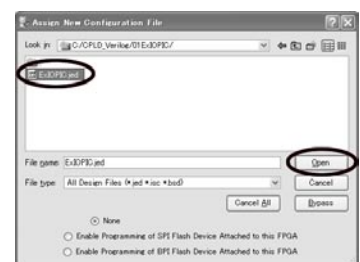
■サンプルソフトの使用方法■

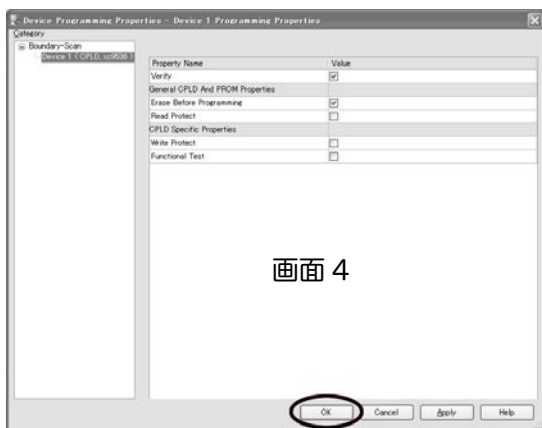
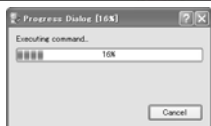
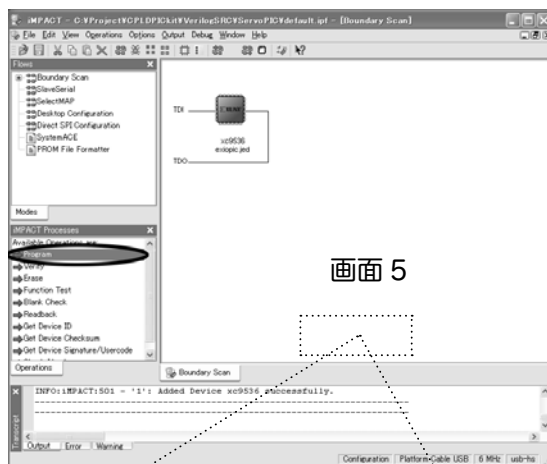
■サンプルソフトの使い方

PIC には No.1 ～ 10 のサンプルソフトに対応するソフトが組み込まれています。CPLD には No.1 ～ 10 のサンプルソフト (論理回路) をその都度書き込んで動作させせます。

■サンプルソフトの書き込み

「開発ツールのセットアップ」にて開発ツールのセットアップを終えた後に、No.1 ～ 10 のサンプルソフトウェアを書き込みます。

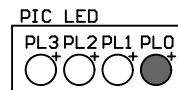
1. CD の中の「CPLD_Verilog」フォルダをすべてハードディスクの C ドライブ（ローカルディスク (C)）にコピーします。
2. ボード本体と PC をパラレルケーブルで接続して、DC6V の電源を加えます。
3. PC にて [スタート] → [Xilinx ISE Design Suite 10.1] → [ISE] → [アクセサリ] → [iMPACT] の順でスタートメニューより iMPACT を開きます。

画面 1

画面 2

画面 3

4. [iMPACT Project] のウィンドウ (画面 1) が開き [create a new project (ipf)] を選択して [OK] をクリックします。
5. [iMPACT - Welcome to iMPACT] のウィンドウ (画面 2) で [Finish] をクリックします。
6. [Assign New Configuration File] のウィンドウで CPLD に書き込むファイルを選択します。(画面 3) 例：No.1 のソフトを選択 (C:\CPLD_Verilog\01ExIOPIC\ExIOPIC.jed)

画面 4　画面 5

画面 6　画面 7　画面 8

7. (画面 4) のウィンドウは [OK] をクリックします。
8. (画面 5) のウィンドウになったら、画面の左中程の [→ Program] をダブルクリックします。[Progress Dialog](画面 6) が表示され、書き込みを開始します。
9. 書き込みが終了すると (画面 7) のように [Program Succeeded] と表示されます。ここで [Program Failed] と表示された場合は、1. からやり直してください。

■ソフトの実行方法

No.1 ～ 10 の指定のソフトを CPLD に書き込んだ後に PIC 側で実行するソフトを選択します。(PIC には No.1 ～１０に対応するプログラムが実装済みです。)

1. CPLD-PIC ボード本体の [RESET] スイッチを一度押します。
2. CPLD-PIC ボード本体の [PS0] スイッチを押すと PIC LED の点灯パターンで実行するソフト番号が表示されます。押すたびに 1 → 2 → 3 と番号が変化します。ここで表示されている PIC LED の点灯パターンはソフト番号の 2 進数表記です。(●点灯：1 ○消灯：0)
3. 実行するソフト番号を [PS0] で選んだら、[PS1] スイッチを押してソフトを実行します。
4. 各ソフトでの操作は■サンプルソフト説明■で説明します。
5. ソフトの実行を停止したい場合は、[RESET] スイッチを押してください。

■サンプルソフトの説明■

■ No.1 CPLD を PIC の拡張 IO 入出力として使う

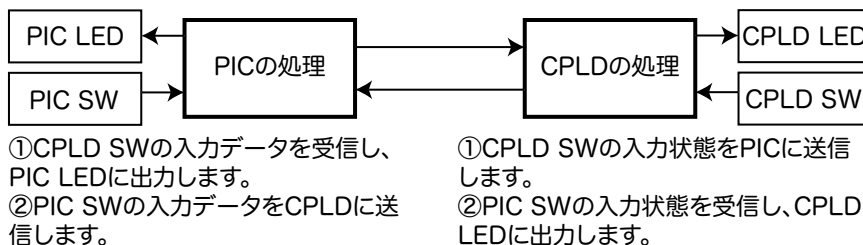
◇ソフト番号 PIC LED：○○○●（○は消灯　●は点灯）

※ PIC SW[PS0] でソフト番号選択、[PS1] で実行です。実行中は [RUN]LED が点灯します。

◇概要：PIC SW の入力を CPLD に送り CPLD LED を光らせると同時に CPLD SW の入力 PIC に送り PIC LED を光らせます。つまり、PIC の外部入出力として CPLD を使用しています。

◇操作方法

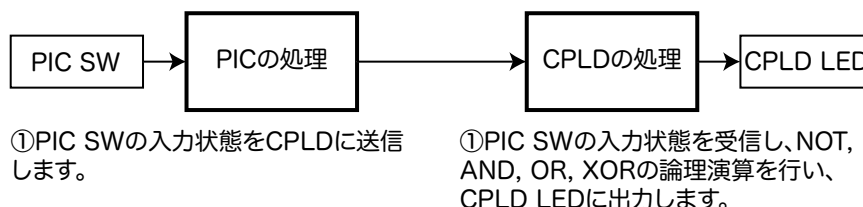
・CPLD SW(CS0-3) を押すと PIC LED(PL0-3) が点灯します。

・PIC SW(PS0-3) を押すと CPLD LED(CL0-3) が点灯します。

■ No.2 PIC SW の入力を CPLD にて論理演算し、LED 出力する（PIC の論理演算出力）

◇ソフト番号 PIC LED：○○●○（○は消灯　●は点灯）

◇概要：PIC SW の入力を CPLD に送り CPLD にて基本的な論理演算（NOT,AND,OR,XOR）を行い CPLD LED に結果を出力します。

◇操作方法

・PIC SW PS0 と PS1 を押すと CPLD LED CL0 に PS0 の NOT 演算の結果、CL1-3 に PS0 と PS1 の AND、OR、XOR の演算結果をそれぞれ出力します。

真理値表

PIC SW 入力		CPLD LED 出力			
		XOR	OR	AND	NOT(PS0)
PS1	PS0	CL3	CL2	CL1	CL0
OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON(点灯)
OFF	ON	ON	ON	OFF	OFF
ON(押す)	OFF	ON	ON	OFF	ON
ON	ON	OFF	ON	ON	OFF

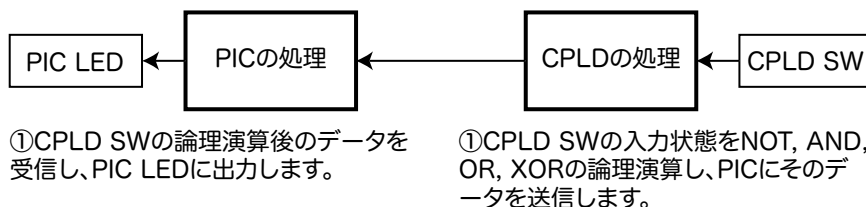
■ No.3 CPLD SW の入力を CPLD にて論理演算し、PIC LED で出力する（PIC の論理演算入力）

◇ソフト番号 PIC LED：○○●●（○は消灯　●は点灯）

◇概要：CPLD SW の入力を CPLD にて基本的な論理演算（NOT,AND,OR,XOR）を行い、結果を PIC に送信し PIC LED で出力します。

◇操作方法

・CPLD SW CS0 と CS1 を押すと PIC LED PL0 に CS0 の NOT 演算の結果、PL1-3 に CS0 と CS1 の AND、OR、XOR の演算結果をそれぞれ出力します。

真理値表

CPLD SW 入力		PIC LED 出力			
		XOR	OR	AND	NOT(CS0)
CS1	CS0	PL3	PL2	PL1	PL0
OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON
OFF	ON	ON	ON	OFF	OFF
ON	OFF	ON	ON	OFF	ON
ON	ON	OFF	ON	ON	OFF

■ No.4 CPLD を PIC の外部 2 系統 PWM 出力として使う（LED の PWM 調光）

◇ソフト番号 PIC LED：○●○○（○は消灯　●は点灯）

◇概要:PIC SW で PWM デューティー (%) を設定し、CPLD では PIC から送られてきたデューティーの PWM 波形を出力します。CPLD には 2 系統の分解能 4bit の PWM 回路を設けて CPLD LED CL0、CL3 に出力します。

◇操作方法

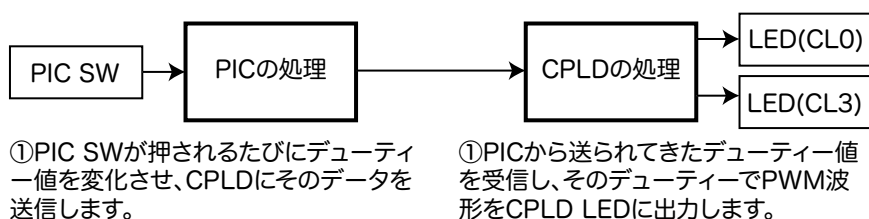
・PIC SW を押すたびにデューティーが変化します。

	デューティー UP	デューティー DOWN
CL0 出力	PS1 を押す	PS0 を押す
CL3 出力	PS3 を押す	PS2 を押す

※ 16 段階変化

・デューティーが UP すると LED はより明るく光り、DOWN するとより暗く光ります。

①PIC SWが押されるたびにデューティー値を変化させ、CPLDにそのデータを送信します。

①PICから送られてきたデューティー値を受信し、そのデューティーでPWM波形をCPLD LEDに出力します。

■ No.5 CPLD でマトリクス LED 点灯制御する（カーソル移動）

◇ソフト番号 PIC LED：○●○●（○は消灯　●は点灯）

◇概要：PIC から 8bit のデータでどの LED を点灯させるかの情報を CPLD に送り、CPLD では 4×2 の LED をダイナミック点灯制御します。

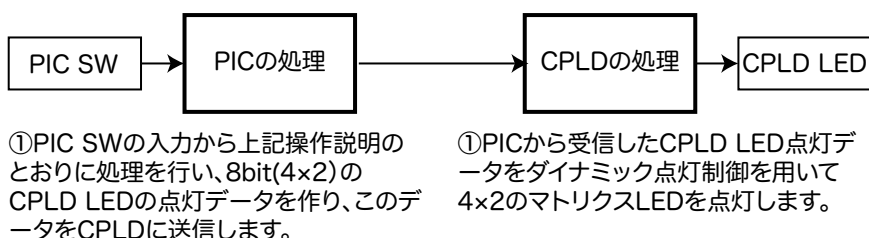
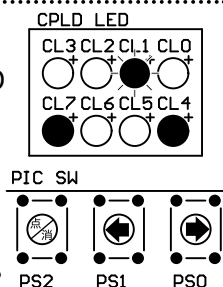
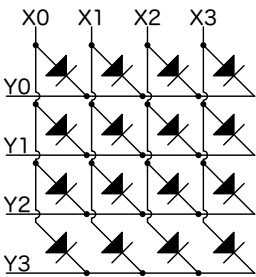
◇操作方法

・CPLD LED で点滅しているところが現在のカーソル位置になります。

・PS0（右移動）、PS1（左移動）でカーソル位置を変更することができます。

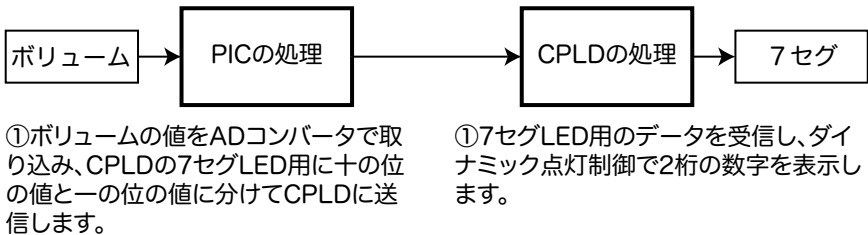
・PS2 を押すと現在のカーソル位置の LED の点灯 / 消灯を切り替えることができます。

①PIC SWの入力から上記操作説明のとおりに処理を行い、8bit(4×2)のCPLD LEDの点灯データを作り、このデータをCPLDに送信します。

①PICから受信したCPLD LED点灯データをダイナミック点灯制御を用いて4×2のマトリクスLEDを点灯します。

※ダイナミック点灯制御とは・・・行列（マトリクス）で LED を接続し、すべての LED を同時に点灯せずに高速にそれぞれの行を切り替えて点灯させ、すべての LED が点灯しているように見せる点灯方法です。目の残像効果で高速に行を切り替えて点灯させてもすべてが点灯しているように見えます。LED ディスプレイなどはこの制御方式で点灯しています。

■ No.6 PIC ボリュームの値を CPLD で 7 セグ LED 数字表示する（2 桁ダイナミック点灯制御）

◇ソフト番号 PIC LED：○●●○（○は消灯　●は点灯）

◇概要：PIC の AD コンバータでボリュームの値を読み込み、CPLD の 7 セグ LED で 00 ～ 99 の表示をします。

◇操作方法：PIC のボリュームを回すと、CPLD の 7 セグ LED で 00 ～ 99 の間で数字が変化して表示されます。

■ No.7 CPLD を疑似正弦波生成装置として使う（PIC から周波数をコントロールする）

◇ソフト番号 PIC LED：○●●●（○は消灯　●は点灯）

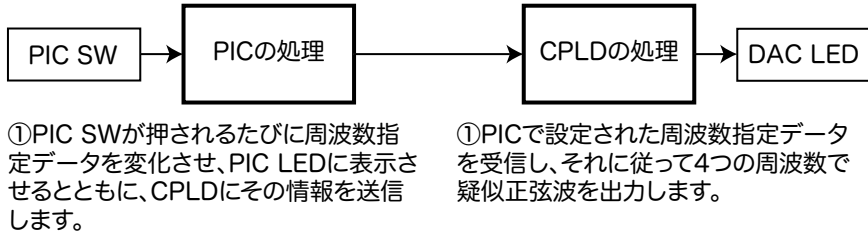
◇概要：PIC SW で出力波形の周波数を設定し、CPLD では PIC で指定された周波数で疑似正弦波を DA コンバータを通じて LED に出力します。

◇操作方法

・PS0 を押すと出力波形の周波数が高く（早く）なります。

・PS1 を押すと出力波形の周波数が低く（遅く）なります。

・このときの PIC LED の点灯パターンと出力周波数は以下の通りです

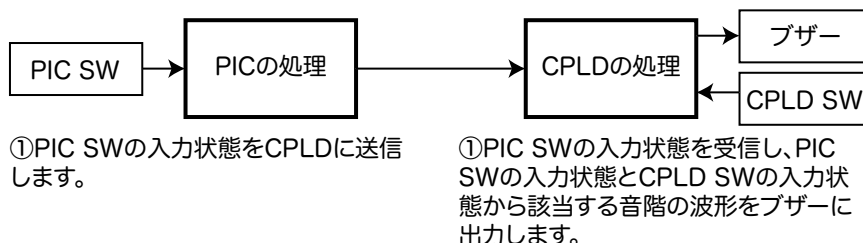
点灯パターン	○○○○	○○○●	○○●○	○○●●
出力周波数	9.6Hz	4.8Hz	2.4Hz	1.2Hz

■ No.8 CPLD でドレミファの音階を作り、ブザーで鳴らす

◇ソフト番号 PIC LED：●○○○（○は消灯　●は点灯）

◇概要：PIC SW と CPLD SW を鍵盤に見立て、CPLD のブザーからドレミの音階をならします。

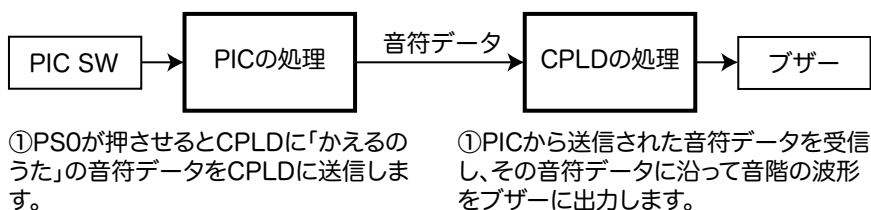
◇操作方法

スイッチ	CS3	CS2	CS1	CS0	PS3	PS2	PS1	PS0
出力音階	ド	レ	ミ	ファ	ソ	ラ	シ	ド
周波数	261.6Hz	293.7Hz	329.6Hz	349.2Hz	392.0Hz	440.0Hz	493.9Hz	523.2Hz

以上のように各スイッチに音階を割り当てています。同時に押しても 1 音しかでません。CS3 ← CS0 ← PS3 ← PS0 という用に音階が高い方から優先されて音が出ます。たとえば PS2 と CS1 を同時に押したときは PS2 が優先されてラの音が出力されます。

■ No.9 CPLD を音階出力器として使い、メロディーを鳴らす

◇ソフト番号 PIC LED：●○○●（○は消灯　●は点灯）

◇概要：PIC から音符データを送って CPLD で送られてきた音符データ通りに音の波形を出力します。

◇操作方法：PIC SW PS0 を押すと、「かえるのうた」が演奏されます。

■ No.10 CPLD でサーボ信号を出力し、サーボモータを制御する

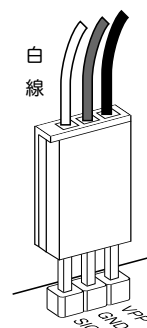
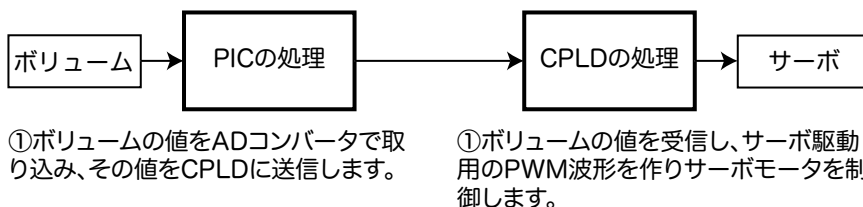
◇ソフト番号 PIC LED：●○●○（○は消灯　●は点灯）

◇概要：PIC の AD コンバータでボリュームの値を読み込み、CPLD ではそのボリュームの値に応じてサーボの角度を 0 ～ 180°に変化させます。

※サーボモータは別売です。GWS サーボ NRH/BB/F が適合します。

◇操作方法：PIC のボリュームを回すと、それに応じてサーボの角度が変化します。

①ボリュームの値をADコンバータで取り込み、その値をCPLDに送信します。

①ボリュームの値を受信し、サーボ駆動用のPWM波形を作りサーボモータを制御します。

※サーボコネクタの接続はサーボの白線がボード上の SIG とつながるように接続してください。

※ No.1 ～ 10 で CPLD と PIC のデータやりとりは UART(RS232 シリアル通信) で行っています。CPLD には UART 回路を実装し、PIC では UART 機能を使っています。

■応用■

■オリジナルの CPLD ソースを記述する

サンプルソフト以外にオリジナルの CPLD の回路を構築する方法を以下に示します。

1. ■開発ツールのセットアップ■にてインストール済みの開発ツールを開きます。
   [Xilinx ISE Design Suite 10.1] → [ISE] → [Project Navigator]
2. プロジェクト名やターゲットデバイスを指定し、プロジェクトを作成します。
3. Verilog HDL などのハードウェア記述言語で回路記述を行います。
4. [Synthesize]（論理合成：ソフト開発におけるコンパイルと似た動作）を行います。
5. UCF データという CPLD の実際のピンと、記述した論理回路の入出力の配線を指示する配線データを作成します。（例：A 出力を P1 に接続などを指定）
6. [Translate][Fit] という論理合成を行った回路を実際の CPLD デバイスに当てはめる動作を行います。（ソフト開発におけるリンクと似た動作）
7. 正常に書き込むデータが作成されたら、サンプルソース同様に iMPACT で CPLD に作った論理回路を書き込みます。

※詳しくは本キットのホームページで掲載する予定です。

■ CPLD DIP40 モジュールを使う

このキットでは、通常フラットパッケージで売られている CPLD を使いやすい DIP40 ピンの変換基板に実装して、ブレッドボードやユニバーサル基板で使用しやすくしています。CPLD DIP40 ピンモジュールの配線と CPLD のピンアサインの対応表は付属の CD-R に収録されています。ご自身で基板を作成される際に UCF データを作成にご活用ください。自作回路での CPLD DIP40 モジュールへの配線は本マニュアルの回路図をご覧ください。

CPLD への論理回路の書き込みには JTAG 回路が必要になりますので、本キットの CPLD-PIC ボード本体を CPLD ライタとしてご使用いただくと便利です。

■注意■

当キット・ソフトウェアを運用した発生した損失・損害についてはいかなる理由であっても、当社・作者は、その責を負いません。あらかじめご了承ください。

PIC の周辺回路を CPLD でつくるキット マニュアル　第１版　２００９．６

■開発・製作・著作■

ＭＡＫＥ２１（本キットの最新情報はこちらでご覧になれます。）

URL : http://www.make21.net/products/cpldpickit/

■製造・販売■

株式会社　秋月電子通商

http://www.akizukidenshi.com　東京都世田谷区瀬田５－３５－６